

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ANTENAS CON DUAL POLARIZACIÓN CIRCULAR

Abdelwahed Tribak⁽¹⁾, Karen Cepero⁽¹⁾, Angel Mediavilla⁽¹⁾, Mohamed Boussouis⁽²⁾, Mohamed Chaibi⁽¹⁾, Oscar Gonzalez⁽¹⁾

tribak@dicom.unican.es, media@dicom.unican.es, m.boussouis@uae.ma

⁽¹⁾ Dpt. De Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Cantabria Av. los Castros s/n, 39005, Santander, España

⁽²⁾ Dpt. de físicas Universidad Abdel Malek Essaadi, Tetouan, Marruecos

Abstract- A dual circular polarization feed antenna system for satellite communication is described. It consists of a septum OMT-Polarizer type, and two identical duplexers formed by a plane T-junction and of two iris filters, along with two electric field rotators since the vectors of the electric field in the rectangular ports must be vertical. This 4-port system transmits and receives radio frequency signals in double track in which the transmission Tx is made through two ports having as a access the standard rectangular waveguide WR42 and the reception RX is made also through two ports having as a access the standard rectangular waveguide WR28. To separate the two ways with the circular common port (or rather on the level of the antenna), as well in the transmission as in the reception, we used double circular polarization: right hand circular polarization (RHCP) and left hand circular polarization (LHCP).

I. INTRODUCCIÓN

Las antenas de las estaciones espaciales en los sistemas de comunicación por satélites se pueden utilizar para transmitir una señal de un satélite y también para recibir una señal a un satélite asociando las unidades apropiadas de emisora y de receptora de radio frecuencia con una bocina de alimentación de la antena [1]. La capacidad de la estación espacial se puede también aumentar transmitiendo y recibiendo simultáneamente dos pares de señales sobre las mismas bandas de frecuencias de transmisión y de recepción si estos dos pares de señales tienen polarización circular, porque ambos pares de frecuencias se pueden separar gracias al sentido de la polarización de cada par.

En los sistemas de comunicación por satélites, la capacidad de transmisión se puede aumentar doblando ambos caminos de comunicación basándose en la polarización de las señales. Los sistemas que cumplen este funcionamiento son conocidos como dispositivos de cuatro puertos, en accesos rectangulares o coaxial, y un puerto común circular o cuadrado conectado directamente a la antena [1] - [2]. Un dispositivo de 4 - puertos permite la transmisión y la recepción de las señales a una estación espacial de un sistema de comunicación por satélites. Se trata, en particular, de un sistema en tecnología de guías de ondas para guiar dos pares de polarización ortogonal de las señales de transmisión y recepción.

La polarización dual o el funcionamiento a doble banda de frecuencias le proporcionan al usuario la oportunidad de obtener un funcionamiento en dos caminos en cada banda con una sola antena. El funcionamiento del doble camino se puede utilizar para doblar la capacidad del sistema o también

se puede emplear como redundancia del doble camino para permitir el funcionamiento continuo por lo menos de un camino en caso de que un componente en el otro camino este averiado.

El transductor orto-modo convencional (OMT) [1] - [2] sirve a menudo como una red de base de alimentación que proporciona dos polarizaciones lineales para la emisora de radio (TX) y la receptora (RX) en las comunicaciones por satélites. El polarizador, que siempre va conectado en el puerto común del OMT, a banda ancha es necesario para establecer un sistema de polarización circular de esta arquitectura si el TX y el RX utilizan diferentes frecuencias. Para los sistemas de comunicación por satélites, esto puede plantear problemas debido a la ancha separación de las frecuencias de TX y de RX [1]. Varias alternativas han sido propuestas [2] - [5] para obtener la alimentación dual a dos bandas de frecuencia en polarización circular. Sin embargo, las complejidades de estas redes de alimentación aumentan el coste y afectan la tolerancia mecánica. El objetivo de nuestra alternativa es presentar una red de alimentación que funciona en ambas bandas de frecuencias, K / Ka lo suficientemente separadas. Esta red puede funcionar con una o dos polarizaciones para frecuencias de TX y de RX, respectivamente. La estructura del dispositivo que cumple con estos requerimientos se muestra en la siguiente figura.

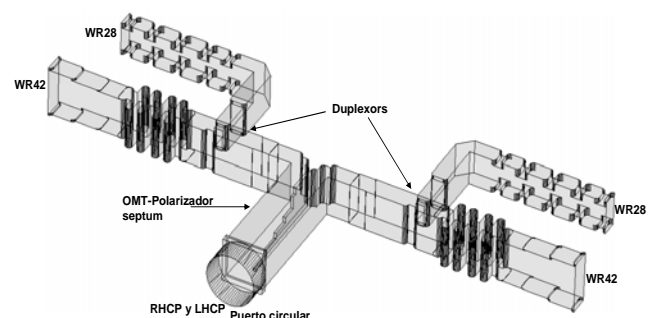


Fig. 1. Aspecto 3D de un OMT-polarizador

II. DISEÑO Y TEST

El sistema 4 - puertos esta formado por un OMT-polarizador de tipo septum, de dos duplexores, y de dos rotadores 90° del campo. Se trata de un sistema de comunicación por satélites que funciona en dos bandas de frecuencia con polarizaciones circulares duales. En la banda de frecuencia baja (Tx: 20-21.4GHz), permite la transmisión de dos señales, una con una polarización circular a derechas (RHCP) y la otra con una polarización circular a izquierdas (LHCP). De modo similar, en la banda de frecuencia alta (Rx: 29.8-31.5GHz), recibe dos señales con polarización circular en la que una es a derechas (RHCP) y la otra es a izquierdas (LHCP). Así este sistema 4 - puertos, a polarización circular dual, permite doblar la cantidad de información a transmitir o a recibir. Dicho sistema 4-puertos puede funcionar también en dos puertos poniendo una carga adaptada en cada puerto no disponible.

A. OMT-polarizador tipo septum

Hemos usado un OMT-polarizador tipo septum [6] - [9] que trabaja en dos bandas de frecuencias como está publicado en [6]. La única diferencia reside en el hecho que en el presente diseño del OMT-polarizador tiene dos accesos en guía de onda rectangular estándar WR34 en ambos puertos. Cada uno de los puertos rectangular WR34 transmite (TX: 20.2-21.2) y recibe (Rx: 30-31GHz) señales con una polarización circular a derechas (RHCP) y el otro puerto transmite y recibe señales con una polarización circular a izquierdas (LHCP).

La fig.2 presenta un prototipo fabricado del OMT-Polarizador tipo septum junto con el resultado obtenido en la simulación y la fig.3 muestra la comparación de los resultados de las medidas y de los obtenidos por el simulador.

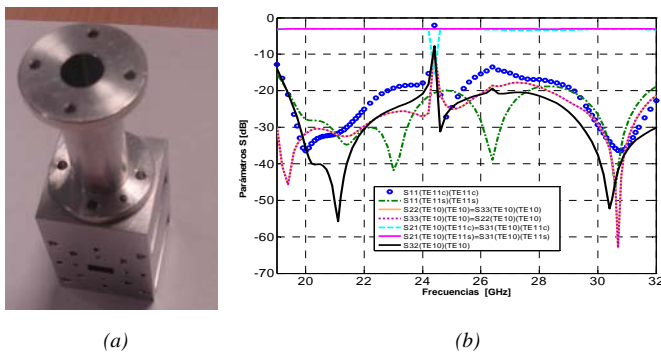


Fig.2. OMT-Polarizador. a) prototipo fabricado. b) los resultados de simulación de la magnitud de los parámetros S.

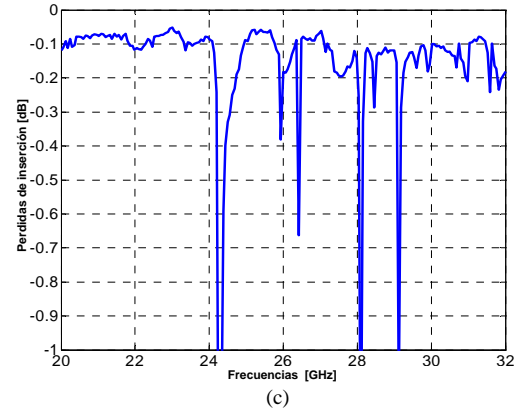
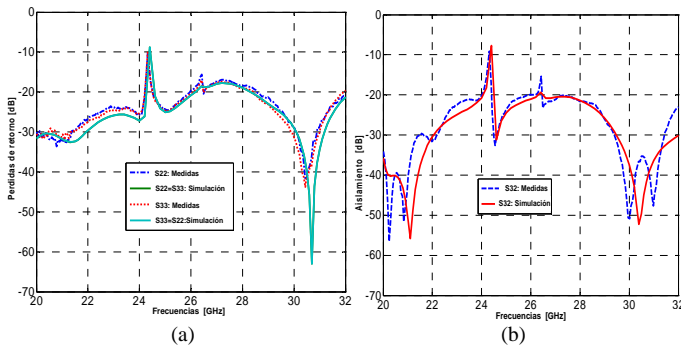


Fig.3. Comparación de los resultados del OMT-Polarizador. a) Adaptación de los puertos rectangulares. b) El aislamiento entre los puertos rectangulares. c) Las pérdidas medidas del OMT-Polarizador.

Tal y como se puede ver en las graficas anteriores, hay una gran concordancia entre los resultados de medida y los proporcionados por las simulaciones. Las pérdidas de retorno son del orden de 30dB en ambas bandas de frecuencia de interés, las pérdidas de inserción son del orden de 0.1dB a la banda de Tx y mejor que 0.2dB en la banda de Rx, el aislamiento es mejor de 40dB en la banda de Tx y mejor de 35dB en la banda de Rx. Hemos controlado también en el simulador el aislamiento entre los modos fundamentales y los modos de orden superior no deseados, hemos encontrado que este aislamiento es mejor que 70dB en toda la banda de frecuencia (20-32GHz) incluyendo por tanto las dos bandas de frecuencia de interés.

B. Duplexores

Se ha utilizado dos duplexores idénticos que están constituidos esencialmente de una unión T plano-E cerrada por dos filtros de tipo iris, que seleccionan la señal Rx en el puerto 1 y la señal Tx en el puerto 2, mientras que el puerto 3 es el puerto común que se va a conectar a uno de ambos puertos rectangulares del OMT-polarizador.

La fig.4 muestra una vista interna del duplexor completo. Como acceso a los puertos del duplexor, hemos utilizado la guía de onda rectangular estándar WR42 en la banda baja (Tx) y WR28 en la banda alta (Rx), y para el puerto común hemos utilizado la guía de onda rectangular estándar WR34 para que sea compatible con los puertos de entrada del OMT-polarizador. La anchura de banda de frecuencia relativa es del orden del 43 %. El canal del filtro 1 (Tx) tiene una anchura de banda de frecuencia relativa del 7 % y el canal del filtro 2 (Rx) tiene una anchura de banda espectral relativa del 6.5 %.

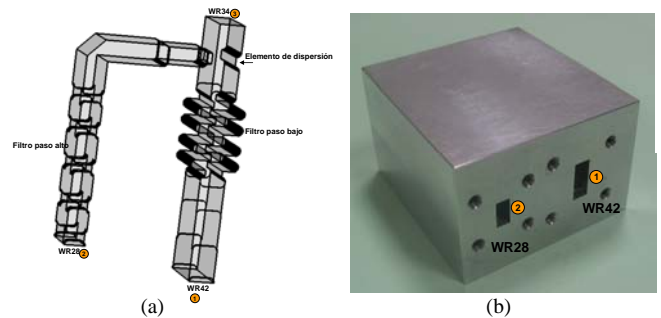


Fig.4. (a) Vista 3D interna del duplexor en la banda K / Ka. (b) prototipo fabricado

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL SISTEMA 4-PUERTOS

Hemos analizado los elementos que forman parte de este sistema 4-puertos, así como del sistema global. Como hemos dicho anteriormente el sistema 4-puertos esta formado por el OMT-polarizador, dos duplexores, y dos rotadores 90° de campo. Se trata de un sistema de comunicación por satélite que funciona en dos bandas de frecuencia con polarizaciones duales. En la banda de frecuencia baja (Tx: 20-21.4GHz), él permite la transmisión de dos señales, uno con una polarización circular a derechas (RHCP) y la otra con una polarización circular a izquierdas (LHCP). De manera similar, en la alta banda de frecuencia (Rx: 29.8-31.5GHz), recibe dos señales con polarización circular en la que una es a derechas (RHCP) y la otra es a izquierdas (LHCP). Así este sistema 4 - puertos, a polarización circular dual, permite doblar la cantidad de información a transmitir o a recibir. El sistema 4 -puertos en cuestión puede funcionar también en dos puertos poniendo una carga adaptada en cada puerto no disponible. Para la medida del sistema total, hemos utilizado una calibración TRL en guía de onda WR34 ya que esta última guía cubre ambas bandas de frecuencia de interés. Para caracterizar el sistema 4 - puertos en estos diferentes puertos hemos efectuado varias configuraciones de medida. Ya que los accesos de los puertos rectangulares del sistema 4 - puertos son en guías de ondas estándar WR42 y WR28, hemos diseñado cuatro transiciones. Dos transiciones de WR34 a WR42, y otras dos de WR34 a WR28. A continuación presentamos la comparación de los resultados obtenidos.

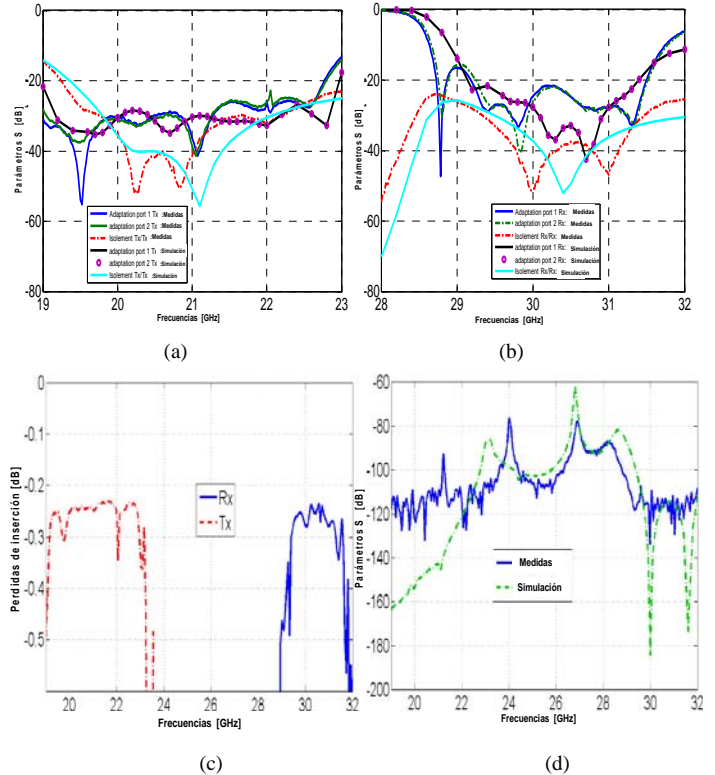


Fig.7. Magnitudes de los parámetros S del sistema 4 - puertos. a) Banda de frecuencia baja (Tx). b) Alta banda de frecuencia (Rx). c) pérdidas de inserción. d) aislamiento Tx / Rx

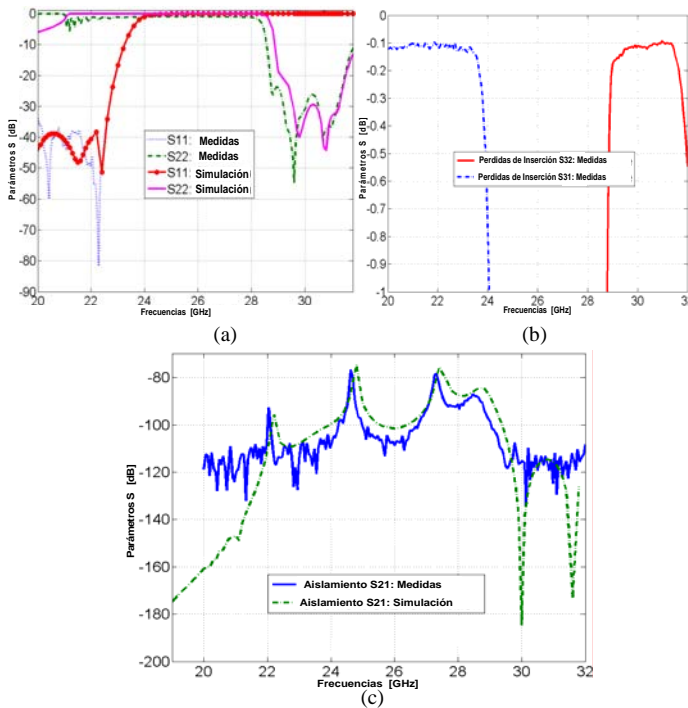


Fig.5. (a) Coeficiente de reflexión. b) Pérdidas de inserción, (c) el aislamiento entre ambos canales del duplexor

La Fig.5 muestra las medidas experimentales de los coeficientes de reflexión y de transmisión para las dos bandas de frecuencias, así como del aislamiento. Se puede observar la gran concordancia con los resultados obtenidos por el simulador Mwizard-Mician. La amplitud del coeficiente de reflexión (pérdidas de retorno) medido en el puerto 1 (Tx) está en torno a 40dB y en el puerto 2 (Radiografía) está en torno a 30dB, las pérdidas de inserción del duplexor tanto en la banda de Tx como en la banda de Rx es del orden de 0.1dB, y el aislamiento entre los dos puertos rectangulares de Tx y de Rx es alrededor de 120dB.

C. Rotador 90° del campo

Para que el campo eléctrico, en los puertos rectangulares del sistema de 4-puertos, entre horizontalmente, hemos utilizado dos rotadores 90° del campo eléctrico. Se trata de un dispositivo microondas simple que permite cambiar el sentido del campo eléctrico 90° con respecto a su sentido inicial. La comparación de los resultados obtenidos así como uno de los prototipos fabricados se muestra en la fig.6.

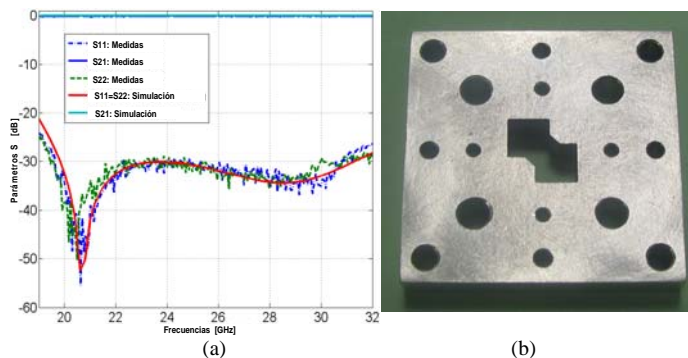


Fig.6. Rotador del campo 90°. a) Parámetros S. (b) Prototipo fabricado

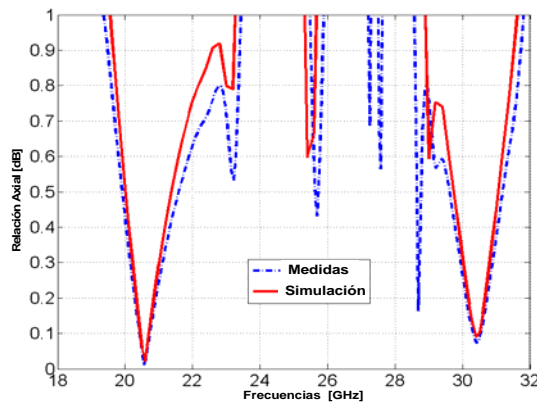


Fig.8. Relación axial del sistema 4 - puertos en ambas bandas de frecuencia.

De hecho, los resultados obtenidos son muy satisfactorios con respecto a los obtenidos por la simulación. La fig.7 y la fig.8 presentan las pérdidas de retorno y de inserción, la relación axial y el aislamiento en ambas bandas de frecuencia de interés.

A partir de las graficas anteriores, podemos observar la gran concordancia entre los resultados experimentales y los encontrados por la simulación con Mician microwave-wizard. Las pérdidas de retorno son del orden de 25dB en ambas bandas de frecuencia, las pérdidas de inserción son alrededor de 0.25 para ambos pares de las señales, el aislamiento Tx / Tx y Rx / Rx es alrededor de 40dB, el aislamiento Tx / Rx es mejor que 110dB en ambas bandas de frecuencia de interés, y la relación axial esta mantenida siempre por debajo de 0.5dB en ambas bandas de frecuencia (20-21.7GHz y 29.8-31.2GHz). Por lo tanto, las prestaciones del sistema total 4 - puertos muestran que el sistema es más compacto y presenta un funcionamiento muy satisfactorio. Sin embargo, él presenta un inconveniente que consiste en el aislamiento Tx / Tx bajo y Rx / Rx cuyas varias aplicaciones necesitan un aislamiento mínimo de 50dB entre Tx / Tx o entre Rx / Rx. En tales aplicaciones este sistema 4-puertos puede funcionar solamente con dos vías, una para Tx y la otra para Rx y terminando los dos otros puertos disponibles con cargas adaptadas. Figura.9 muestra un prototipo fabricado del sistema 4-puertos total.

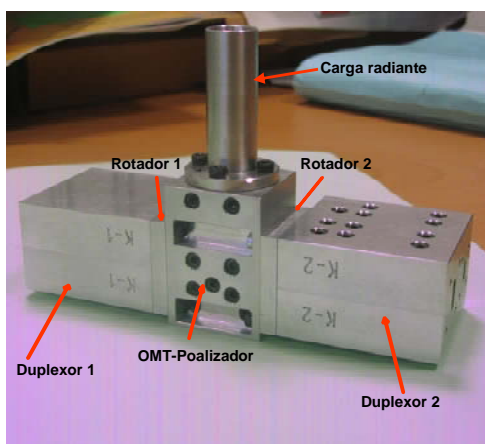


Fig. 9. Prototipo fabricado del sistema 4 - puertos para la polarización circular.

IV. CONCLUSIONES

Hemos diseñado y realizado un sistema 4-puertos que funciona por doble camino, es decir, transmite y recibe dos señales, en las mismas bandas de frecuencia de Tx y Rx respectivamente. El sistema 4 - puertos funciona en ambas bandas de frecuencia K / Ka con una polarización circular (LHCP y RHCP) para la separación de las cuatro señales.

Los resultados encontrados para este sistema 4-puertos son muy satisfactorios. Si lo evaluamos en términos del espacio que ocupa, el sistema presenta un tamaño muy corto y muy reducido en comparación con los sistemas publicados en la literatura. Las medidas de estos sistemas necesitan unas técnicas más sofisticadas para evitar los errores introducidos por las herramientas de medida y por los diferentes dispositivos que forman parte del sistema 4 - puertos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores querrían expresar su gratitud hacia la agencia española para la cooperación al desarrollo Internacional (AECID) para su programa « Becas para Extranjeros No Iberoamericanos para Estudios de Postgrados, Doctorado y Postdoctorado en Universidades y Centros superiores en España», así como a la concesión BES-2005-6730 de FPI. Los autores querrían agradecer la ayuda financiera proporcionada por el ministerio español de la Ciencia y de la innovación (MICINN) por los proyectos TEC2008-06684-C03-01 et CONSOLIDER-INGENIO 2010 CSD2008-00068.

Referencias

- [1] J. Uher, J. Bohrmann, and U. Rosenberg, Waveguide components for antenna feed systems: Theory and CAD, Chapter 3, Boston, Artech House, 1993.
- [2] G. N. Tsandoulas. G. H. Knittel, "the design and performance of dually polarized square-waveguide arrays," in 1972 G-AP symp. Dig., pp. 157-160.
- [3] D. Davis, O. J. Digiandomenico, and J. A. Kempic, "A new type of circularly polarized antenna element," in 1967 G-AP Symp. Dig., pp. 26-33.
- [4] G. N. Tsandoulas. G. H. Knittel, "the design and performance of dually polarized square-waveguide arrays," in 1972 G-AP symp. Dig., pp. 157-160.
- [5] M. H. Chen and G. N. Tsandoulas, "A wide-band square-waveguide array polarizer," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-21, pp. 389-391, May 1973.
- [6] A. Tribak, N. Fernandez, A. Mediavilla, F. Marante, M. Boussouis, "20/30GHz compact dual band circular polarizer for satellite feed systems", IJMOT: Vol-3-No-3-Part II, PP: 339-344.
- [7] H. E. Schrank, "Polarization measurements using the septum polarizer," in 1982 IEEE AP-S Int. Symp. Dig., pp. 227-230.
- [8] T. Ege and P. McAndrew, "Analysis of stepped septum polarizers," Electron. Lett., vol. 21, pp. 1166-1168, Nov. 1985.
- [9] R. Ihmels, U. Papziner, and F. Amdt, "Field theory design of a corrugated septum OMT," in 1993 IEEE M7T-S Int. Microwave Symp. Dig., pp. 909-912.